

新潟県粟島における津波避難困難区域の抽出

山内 政輝¹・秦 吉弥²・小山 真紀³
鋤田 泰子⁴・中嶋 唯貴⁵・山田 桂吾⁶

¹ 学生会員 大阪大学 大学院工学研究科 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: myamauchi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

² 正会員 大阪大学 大学院工学研究科 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: hata@civil.eng.osaka-u.ac.jp

³ 正会員 岐阜大学 流域圏科学研究センター (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1)

E-mail: maki_k@gifu-u.ac.jp

⁴ 正会員 神戸大学 大学院工学研究科 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1)

E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

⁵ 正会員 北海道大学 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: nakashima@eng.hokudai.ac.jp

⁶ 学生会員 大阪大学 工学部 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: kyamada@civil.eng.osaka-u.ac.jp

日本海に浮かぶ有人離島の一つである新潟県粟島の釜谷地区では、新潟県北部沖の想定地震が発生した際、約五分での津波の早期来襲が予想されている。本稿では、釜谷地区の津波来襲予想地域において常時微動計測を高密度に実施し、得られた記録に基づき地盤震動特性を評価した。次に、地盤震動特性と断層モデルを組合せた強震動予測を行い、想定地震による強震動作用中の避難困難時間を算定した。さらに、釜谷地区において避難歩行実験を実施することで、指定された避難場所までの避難所要時間を測定した。最後に、津波来襲時間・避難困難時間・避難所要時間に基づき、釜谷地区での避難困難区域を評価した。

Key Words : strong motion, tsunami evacuation, time management, site effect, Awa Island

1. はじめに

内閣府検討会の報告^{1,2)}によれば、南海トラフ巨大地震の震源域では、震度6強～震度7の非常に大きな強震動の作用が予想されている。一方で、震源域近くの沿岸部では、南海トラフ巨大地震の発生後数分で巨大津波の来襲が予想されており、上述した強震動の作用が住民等の津波避難に影響を及ぼすことが予想される。秦を中心とした研究グループ^{3,4)}では、南海トラフ巨大地震の発生によって津波の早期来襲が予想されている静岡県^{3,4)}、和歌山県^{5,6)}、高知県⁷⁾、宮崎県⁸⁾の沿岸域を対象として、津波来襲予想地域において強震動を高密度に予測し、強震動の作用が津波避難に及ぼす影響について検討を行っている。また当研究グループ⁹⁾は、2011年東北地方太平洋沖地震による津波来襲地域において得られた観測地震動の作用が津波避難に及ぼした影響について検討を行うために、強震動作用中の避難困難時間を算定している。さらに、当研究グループ^{10,11)}は、1993年北海道南西沖地震の巨大津波の早期来襲により甚大な被害が発生した奥尻島青苗地区において、歩行計測実験に基づく避難所要

時間と、本震時の推定地震動に基づく避難困難時間を組み合わせることで、津波避難困難区域の抽出を試みている。上述した一連の先行研究^{3,11)}では、我が国の太平洋沿岸における津波来襲地域もしくは津波来襲予想地域を主に対象フィールドとしていること、強震動を対象とした断層モデルが既に提案されていることから対象フィールドでの強震動の推定や予測が比較的容易であること、などが大きな特徴として挙げられる。これを言い換えれば、我が国の日本海沿岸の想定地震による津波来襲予想地域を対象フィールドとした津波避難困難区域の評価はこれまで十分に行われているとは言い難い。この点に関して山内ほか^{12,13)}は、石川県舳倉島および山形県飛島を対象フィールドとした津波避難困難区域の評価を継続的に行ってきた。

本稿では、新潟県粟島の釜谷地区(図-1 および図-2 参照)の津波来襲予想地域を対象に、津波避難困難区域の評価を行った結果について報告する。具体的には、まず、日本海域を震源とする歴史地震の特性化震源モデルや粟島周辺の活断層情報などを参考に、選定した想定地震の断層モデルを構築した。次に、粟島の津波来襲予想地域

において常時微動計測を広域かつ高密度に実施し、得られた結果に基づいてサイト特性を評価した。さらに、構築した断層モデルと評価したサイト特性を用いて強震動予測を行い、得られた予測地震動に基づいて避難困難時間を評価した。最後に、津波来襲予想地域での避難歩行実験に基づき評価した避難所要時間と避難困難時間を組み合わせることによって、対象地域における津波避難困難区域を評価した。

2. 断層モデルの構築

栗島(図-1 参照)は、新潟県村上市岩船港の北西約35kmの日本海上に浮かぶ有人離島である。新潟県津波対策検討委員会¹⁴⁾では、新潟県沿岸域への津波の来襲が想定される地震について検討がなされているが、そのうちの一つである新潟県北部沖の想定地震が発生した場合、釜谷地区(図-2 参照)においては約五分での津波の早期来襲が予想¹⁴⁾されている。そこで本稿では、新潟県北部沖の想定地震に対する断層モデルを構築し、強震動予測を行うこととした。

図-1 に構築した新潟県北部沖の想定地震の断層モデルと栗島の位置関係、および表-1 にモデルパラメータの一覧をそれぞれ示す。以下、表-1 の上から記載順に、パラメータの設定根拠について述べる。

まず、巨視的パラメータである断層の走向および傾斜については、新潟県津波対策委員会¹⁴⁾による津波を対象とした断層モデルの形状に関する特性値をそれぞれ採用した。次に、微視的パラメータであるアスペリティに関する諸量(地震モーメント、長さ、幅、ライズタイム)については、想定地震と同じく日本海域を震源とする同程度の発生規模である1983年日本海中部地震の特性化震源モデルの値¹⁵⁾を採用した。アスペリティと破壊開始点の配置(図-1参照)については、現行の港湾基準¹⁶⁾を参考に、アスペリティの破壊が栗島に向かって進展するような配置を採用した。最後に、その他のパラメータ(Q値、密度、せん断波速度、破壊伝播速度)については、栗島の近傍で近年発生した歴史地震である2007年新潟県中越沖地震の特性化震源モデルの値¹⁷⁾を援用した。

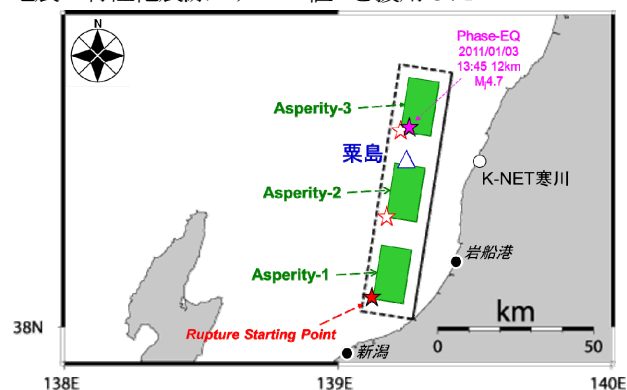


図-1 新潟県北部沖の想定地震の断層モデルと栗島の位置関係

3. 常時微動計測の高密度実施

常時微動計測は、栗島浦村釜谷地区における津波来襲予想地域(計 59 地点)と島内の既存強震観測点である JMA 栗島(図-2 参照)¹⁸⁾、および栗島周辺の強震観測点 K-NET 寒川(図-1 参照)¹⁹⁾においてそれぞれ実施した。写真-1 に常時微動計測状況の一例を示す。計測日は、2017 年 4 月 29 日である。計測は昼間に実施し、同型の七台の微動計(七台ともに白山工業(株)製の一体型微動探索兼地震計機器²⁰⁾)を採用した。計測方向は水平二成分と鉛直成分の計三成分であり、後述する常時微動 H/V スペクトルの計算では、水平二成分の平均をとった。計測時間は、一計測点あたり 30 分間の単点計測とした。常時微動 H/V スペクトルの計算処理方法としては、微動の加速度時刻歴に対して 0.1Hz のハイ・パスフィルターを施し、163.84 秒の区間(雑振動(望ましくないノイズ等)が小さい 163.84 秒間)を七区間抽出し、フーリエスペクトルの計算を行い、バンド幅 0.05Hz の Parzen Window で平滑化したのちに、H/V スペクトルを算出し、七区間の平均をとった。評価振動数の範囲としては、使用した微動計測器の性能²⁰⁾などを考慮して 0.2~10Hz とした。

図-3 は、JMA 栗島(図-2 参照)、および K-NET 寒川(図-1 参照)における常時微動 H/V スペクトルと、釜谷地区における津波来襲予想地域(計 59 地点：図-4 参照)の常時微動 H/V スペクトルを重ね合わせたものである。図-3 に示すとおり、津波来襲予想地域の H/V スペクトル(周波数ごとの平均値およびその標準偏差の分布)と、K-NET 寒川での H/V スペクトルとの比較においては有意な差異が見られるが、JMA 栗島における H/V スペクトルとの比較においては両者の特徴が概ね良い一致を示している。すなわちこれは、JMA 栗島における地盤震動特性が津波来襲予想地域における地盤震動特性として代表できる可能性が高いことを示唆するものである。

図-5 は、栗島全域および釜谷地区における産総研地質図²¹⁾である。図-5 に示すように、釜谷地区内における地質が概ね同じ区分となっているだけでなく、釜谷地区

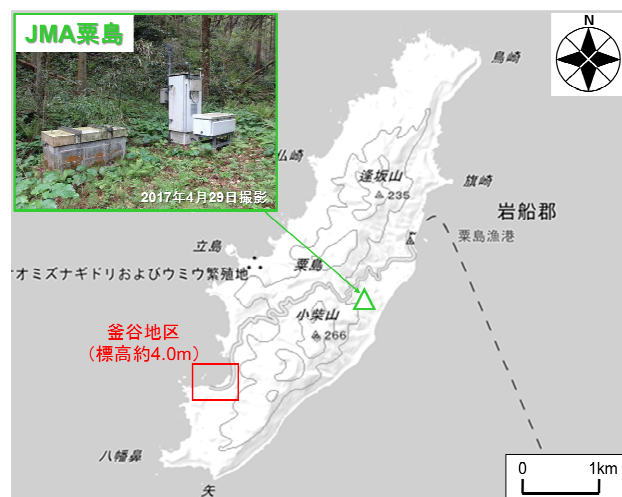


図-2 栗島の地形状況と既存の強震観測点

表-1 設定した新潟県北部沖の想定地震の断層モデルパラメータの一覧

Parameters	Asperity-1	Asperity-2	Asperity-3
Strike (deg.)	189	189	189
Dip (deg.)	56	56	56
Seismic moment (Nm)	0.88×10^{20}	1.32×10^{20}	1.32×10^{20}
Length (km)	17.5	17.5	17.5
Width (km)	17.5	17.5	17.5
Rise time (s)	1.46	1.46	1.46
Partition number	$3 \times 3 \times 3$	$3 \times 3 \times 3$	$3 \times 3 \times 3$
Source location/depth	N38.0815, E139.1321/19.7km	N38.3186, E139.1798/19.7km	N38.5557, E139.2276/19.7km
Q value		$166 \times f^{0.76}$	
Density (kg/m ³)		2.7	
Shear wave velocity (km/s)		3.5	
Rupture velocity (km/s)		3.0	



図-3 釜谷地区における常時微動計測地点(59地点)の分布



写真-1 常時微動計測状況の一例(2017年4月29日撮影)

と JMA 栗島の区分も概ね同じ区分となっている。そこで、JMA 栗島での地震観測記録に基づいた評価したサイト増幅特性(地震基盤～地表：図-6 参照)²³⁾とサイト位相特性に基づいて想定地震時における釜谷地区での強震動予測を実施した。ここに、サイト位相特性については、JMA 栗島での観測記録の中で、新潟県北部沖の想定地震の震源域¹⁴⁾の比較的近くで2011年1月3日13時45分に発生した新潟県下越沖を震源とする気象庁マグニチュード4.7の地震(Phase-EQ：図-1 参照)によって JMA 栗島で得られた観測地震動を採用した。

4. 強震動予測の手法

本稿では、構築した新潟県北部沖の想定地震の断層モデル(2.参照)と経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震波形計算手法²³⁾の組合せに基づき強震動を推定した。当該計算手法²³⁾では式(1)によりグリーン関数を生成する。

$$A(f) = S(f) \cdot P(f) \cdot G(f) \cdot \frac{O(f)}{|O(f)|_p} \quad (1)$$

ここに、 $A(f)$ は地表における統計的グリーン関数のフーリエ変換で複素数、 $S(f)$ は中小地震の震源特性²⁴⁾で実数、

$P(f)$ は伝播経路特性²⁴⁾で実数、 $G(f)$ はサイト増幅特性(図-7 参照)で実数、 $O(f)$ は中小地震観測記録のフーリエ変換で複素数、 $|O(f)|_p$ はその絶対値に対してバンド幅 0.05Hz の Parzen Window を適用したものである。式(1)からわかるように、本手法では、統計的グリーン関数のフーリエ振幅は震源特性・伝播経路特性・サイト特性の積として求め、統計的グリーン関数のフーリエ位相としては JMA 栗島で得られた地震(Phase-EQ：図-1 参照)による観測記録のフーリエ位相を用いる。式(1)をフーリエ逆変換し、経験的グリーン関数法と同様の重ね合わせを行うことで、大地震による波形が求まる。なお、Parzen Window(添字 p)は因果性を満足する地震波を生成する目的で用いられている²³⁾。

なお、図-1 に示すように、栗島は、新潟県北部沖の想定地震の震源域の極近傍(直上)に位置していることから、想定地震時に少なからず地盤が非線形挙動を示す可能性が高いと考えられる。そこで本稿では、表層地盤の非線形挙動の効果を考慮してグリーン関数を補正する方法²⁵⁾を採用し、 S 波速度の低下率を表すパラメータ v_1 (非線形性の影響が大きいほど低下)と堆積層における平均的な減衰定数の増分を表すパラメータ v_2 (非線形性の影響が大きいほど増加)をそれぞれ設定した。具体的

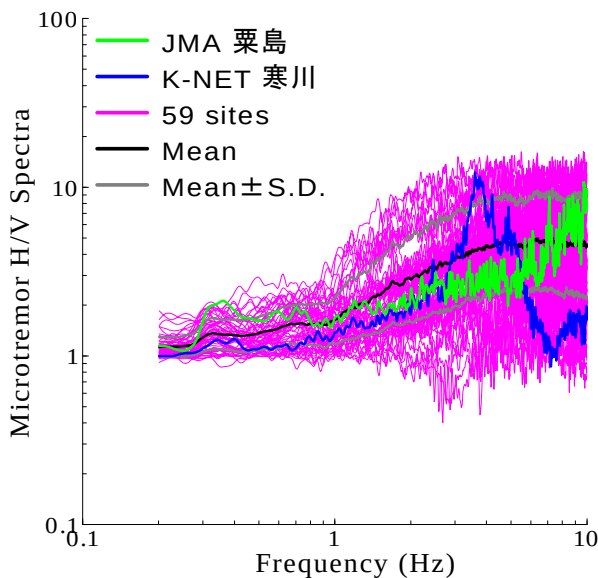


図-4 釜谷地区でのH/Vスペクトルの比較とその特徴

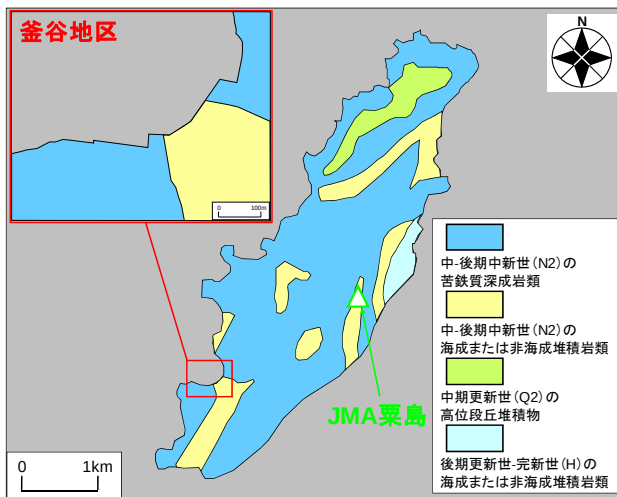


図-5 粟島内の釜谷地区における地質区分とその類似性

には、JMA 粟島²²⁾と KiK-net いわき東²⁹⁾のサイト増幅特性が比較的類似していることから(図-6 参照)、2011 年東北地方太平洋沖地震による KiK-net いわき東での実績値($v_1=0.70, v_2=0.03$)²⁹⁾を採用した。

5. 避難困難時間の評価

図-7(a),(b)に新潟県北部沖の想定地震時の釜谷地区における推定地震動(水平動)の加速度時刻歴を、図-7(c)に釜谷地区における強震動作用中の避難困難時間をそれぞれ示す。避難困難時間は、予測された地震動(図-7(a),(b)参照)に基づき瞬間計測震度(水平二成分合成)²⁷⁾の時刻歴を計算し(図-7(c)参照)、先行研究²⁸⁾による知見を参考に、瞬間計測震度が最終的に 4.0 を下回るまでの連続時間とした。図-7(c)に示すように、想定地震時における釜谷地区(JMA 粟島)での避難困難時間は、93s と算定され、釜谷地区では強震動の作用によりおよそ一分半にわたって住民等が避難行動に移ることができない可

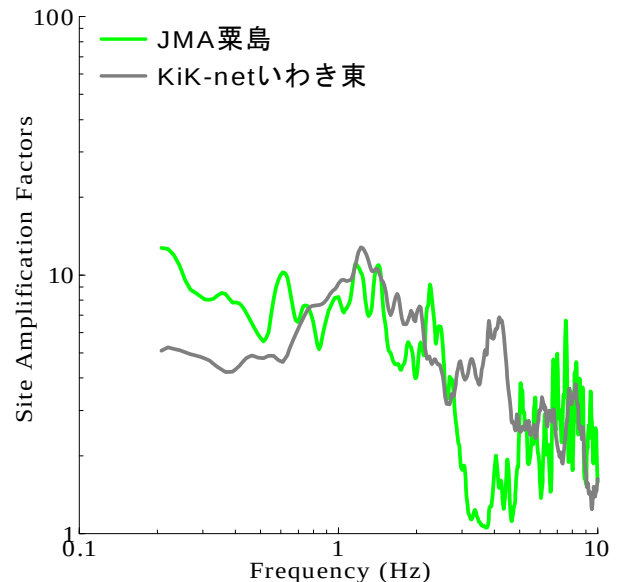


図-6 サイト増幅特性の比較(JMA 粟島と KiK-net いわき東)

能性が高いことが読み取れる。すなわち、想定地震による釜谷地区への津波来襲時間は約五分と予想¹⁴⁾されていることから、そのうち約三分の一は避難困難時間によって占められることとなり、言い換えれば、住民等が避難のために本来持ち合わせている時間の約三分の一が強震動の作用によって失われることが示唆される。

6. 避難所要時間の評価

3.で述べた常時微動計測地点から釜谷地区における既存の避難場所(計三地点：図-8 参照)までの歩行時間(避難所要時間)を避難歩行実験に基づき評価した。写真-2に避難歩行実験状況の一例を示す。実験日は常時微動計測日と同日(2017年4月29日)とした。

図-8 に避難所要時間の分布を示す。図-8 に示すとおり、釜谷地区における避難所要時間の分布に有意な差異が確認できる。ここに、避難歩行実験では、避難パターン(単独・群集・要支援者歩行など)を考慮する方法²⁹⁾と考慮しない方法³⁰⁾に大別されるが、本稿では、釜谷地区現地で全ての条件に見合った被験者を参集することが出来なかったため、後者の方法を採用した。よって、避難歩行実験は本稿の第一著者(22 歳男性)の単独歩行とした。ここに、被験者の年齢層の設定が後述する避難余裕時間に影響を及ぼすことが考えられるが、本稿では、津波避難困難区域の相対的な抽出(津波避難タワーなどの施設の新設が必要となる区域の抽出など)を目的としているため、避難所要時間が比較的短くなる年齢層の男性を被験者として選定した。

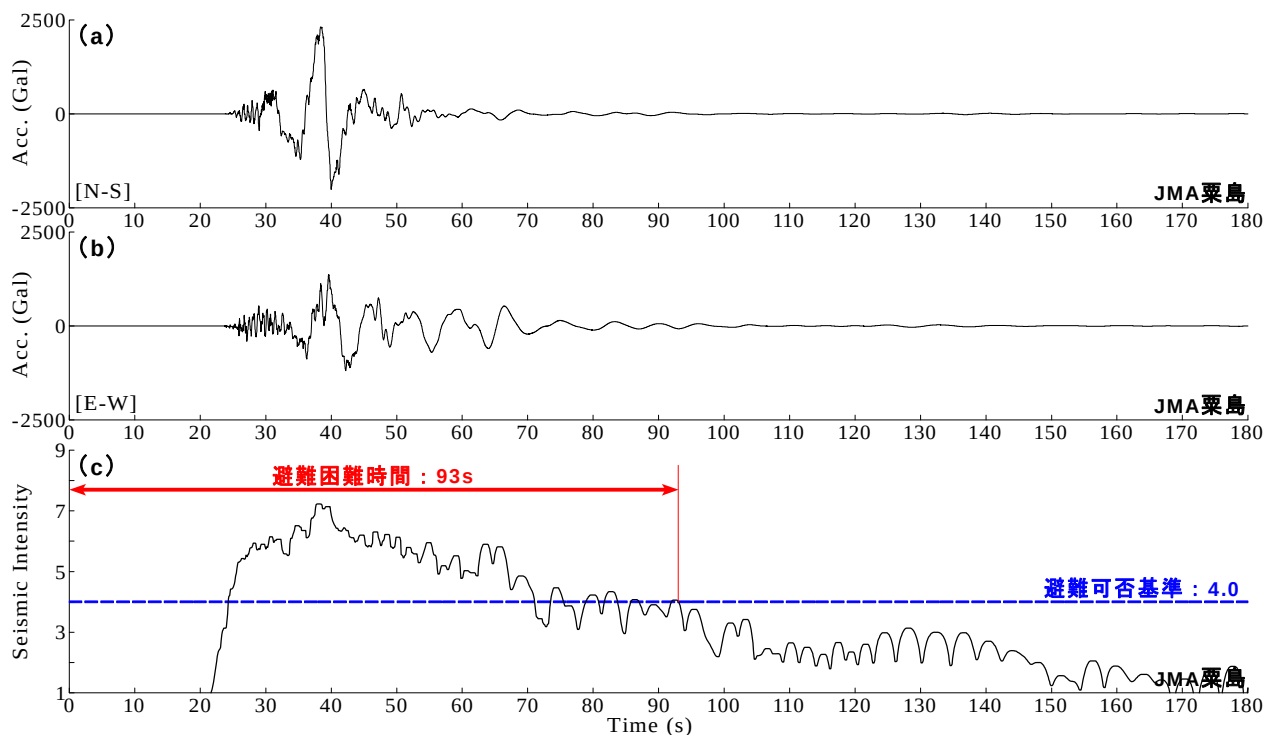


図-7 新潟県北部沖の想定地震による粟島での予測地震動と瞬間計測震度に基づく避難困難時間の評価

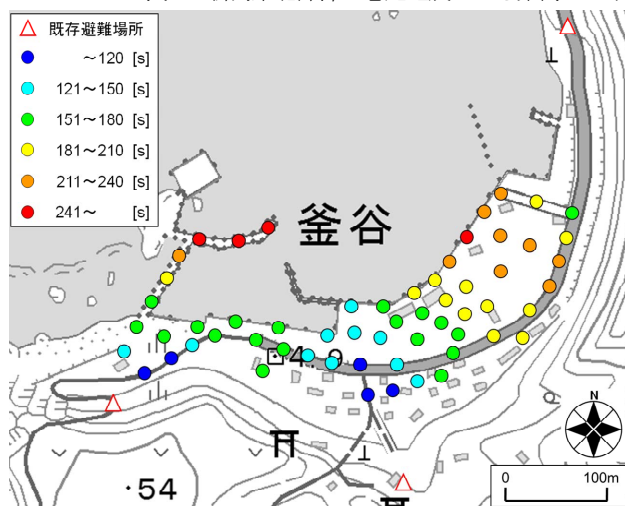


図-8 釜谷地区における避難所要時間の分布

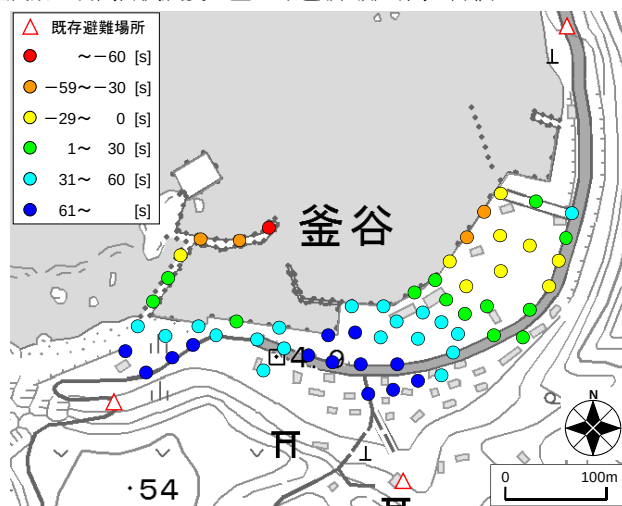


図-9 釜谷地区における避難余裕時間の分布



写真-2 避難歩行実験状況の一例(2017年4月29日撮影)

7. 避難困難区域の抽出・評価

図-9 は、釜谷地区における避難余裕時間の分布である。ここに、避難余裕時間は、釜谷地区における新潟県北部沖の想定地震発生後の津波来襲予想時間(五分)¹⁴⁾に対して、強震動作用中の避難困難時間(図-7 参照)、および強震動作用後の避難所要時間(図-8 参照)をそれぞれ差し引いたものである。

図-9 に示すように、釜谷地区における避難余裕時間の分布は一律ではなく、津波避難パフォーマンス(釜谷地区の各地点が潜在的に有している津波避難に関する余裕時間)に有意な差異があることが確認できる。特に釜谷地区の西部の突堤付近において避難余裕時間が比較的小さな値(負の値)を示していることが読み取れる。言い換えれば、この突堤付近の区域が釜谷地区における津波



写真-3 抽出された津波避難困難区域(観光船のりば)の現況

避難困難区域として抽出されたこととなる。この抽出された区域は、栗島の観光船のりば(写真-3 参照)の位置に相当していることから、当該区域近くにおいて津波避難施設の新設などの対策が必要であることが示唆される。

8. まとめ

本稿では、新潟県栗島の釜谷地区を対象に、新潟県北部沖の想定地震時における津波避難困難区域の抽出を目的とした強震動予測と避難歩行実験を実施した。以下に得られた知見を示す。

- (1) 新潟県北部沖の想定地震における釜谷地区での避難困難時間は一分半程度であり、住民等が避難のために本来持ち合わせている時間の約三分の一が強震動の作用で失われる可能性が高い。
- (2) 釜谷地区における避難所要時間は、一分半～五分弱程度であり、既存の避難場所との位置関係や高低差などによって、同じ津波来襲予想地域内においても避難パフォーマンスに有意な差異が存在する。
- (3) 釜谷地区での津波来襲予想時間(五分程度)に対して、上記(1)の避難困難時間、上記(2)の避難所要時間をそれぞれ差し引くことによって、津波避難困難区域を抽出した結果、釜谷地区西部の突堤付近において避難余裕時間が集中的に負の値を示す。
- (4) 上記(3)において抽出された津波避難困難区域は観光船のりばとなっており、今後、当該区域において何らかの津波避難対策が必要である。

今後は、日本海に浮かぶ他の有人離島に対しても本稿と同様のアプローチを適用することによって、知見をさらに積み重ねていきたいと考えている。

謝辞： 常時微動計測や歩行実験などの実施にあたっては、栗島の住民・関係者の皆様などに大変お世話になりました。本研究では、気象庁 JMA および(国研)防災科学技術研究所 K-NET による地震観測波形データを使用しま

した。常時微動計測の実施では、大川雄太郎氏(大阪大学学生)の支援を仰いだ。本研究の遂行にあたり、公益財団法人鹿島学術振興財団 2015・2016 年度研究助成「地域特性を考慮した津波避難困難区域の抽出～強震動予測と歩行実験によるハイブリッド評価～」の一部を使用しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)、強震断層モデル編—強震断層モデルと震度分布について—、内閣府防災情報ホームページ, 2012. (2017 年 8 月 29 日閲覧)
- 2) 南海トラフの巨大地震モデル検討会：南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)、津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—、内閣府防災情報ホームページ, 2012. (2017 年 8 月 29 日閲覧)
- 3) 秦吉弥, 湊文博, 山田雅行, 鉦田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 常田賢一：強震動作用中の津波避難困難時間に関する評価精度とその向上策—南海トラフ巨大地震における駿河湾沿岸域を対象として—、構造工学論文集, 土木学会, Vol.62A, pp.259-272, 2016.
- 4) 秦吉弥, 湊文博, 常田賢一, 青木伸一, 鉦田泰子, 小山真紀：南海トラフ巨大地震における静岡県沿岸域での推定地震動の作用が津波避難に及ぼす影響、土木学会論文集 B3, Vol.72, No.2, pp.I_1-6, 2016.
- 5) 湊文博, 秦吉弥, 山田雅行, 常田賢一, 鉦田泰子, 魚谷真基：高密度常時微動計測に基づく和歌山県串本町における南海トラフ巨大地震の強震動評価と津波避難に及ぼす影響、土木学会論文集 A1, Vol.71, No.4, pp.I_123-135, 2015.
- 6) 湊文博, 秦吉弥, 常田賢一, 鉦田泰子, 小山真紀, 植田裕也：高密度常時微動計測・臨時地震観測に基づく南海トラフ巨大地震における和歌山県広川町での津波避難不可能時間算出のための強震動評価、土木学会論文集 A1, Vol.72, No.4, pp.I_68-81, 2016.
- 7) 秦吉弥, 中嶋唯貴, 湊文博, 鉦田泰子, 小山真紀, 常田賢一：高密度臨時地震観測に基づく南海トラフ巨大地震における高知県南国市津波来襲予想地域での強震動の予測、第 36 回地震工学研究発表会講演論文集, 土木学会, Paper No.920, 2016.
- 8) 湊文博, 秦吉弥, 村上啓介, 山田雅行, 鉦田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 常田賢一：高密度臨時地震観測に基づく南海トラフ巨大地震における宮崎市沿岸部での津波避難困難時間算出のための強震動予測、地域安全学会論文集, No.29, pp.53-62, 2016.
- 9) 湊文博, 秦吉弥, 藤木昂, 山田雅行, 鉦田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 常田賢一：津波避難困難時間に影響を及ぼす強震動の周波数帯域に関する基礎的検討、第 36 回地震工学研究発表会講演論文集, 土木学会, Paper No.923, 2016.
- 10) 湊文博, 秦吉弥, 山田雅行, 鉦田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 常田賢一：高密度常時微動計測に基づく 1993 年北海道南西沖地震における奥尻島青苗地区での強震動と避難不可能時間の評価、土木学会論文集 A1, Vol.72, No.4, pp.I_884-894, 2016.
- 11) 湊文博, 秦吉弥, 中嶋唯貴, 小山真紀, 鉦田泰子,

- 山田雅行, 常田賢一: 避難余裕時間に基づく津波避難困難区域の抽出手法に関する適用性の評価—1993年北海道南西沖地震による奥尻島青苗地区を例として—, 土木学会論文集 B3, Vol.72, No.2, pp.I_509-514, 2016.
- 12) 山内政輝, 秦吉弥, 村田晶, 鉦田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴, 宮島昌克, 常田賢一: 地域特性を考慮した津波避難困難区域の評価—能登半島北方沖の想定地震による石川県輪島市舳倉島を例として—, 土木学会論文集 A1, Vol.73, No.4, 2017. [掲載決定]
- 13) 山内政輝, 秦吉弥, 鉦田泰子, 小山真紀, 中嶋唯貴: 津波避難困難時間の算定を目的とした強震動の評価—山形県酒田市飛島を例として—, 土木学会論文集 B3, Vol.73, No.2, pp.I_222-227, 2017.
- 14) 新潟県津波対策検討委員会: 第 4 回津波対策委員会資料, 新潟県防災ポータルホームページ, 2012. (2017年 8 月 29 日閲覧)
- 15) 野津厚: 1983 年日本海中部地震(M7.7)の特性化震源モデル, (国研)海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所地震防災研究領域ホームページ, 2015. (2017年 8 月 29 日閲覧)
- 16) (社)日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻), 国土交通省港湾局監修, pp.336-341, 2007.
- 17) 野津厚: 内陸地殻内地震によるやや短周期地震動の再現に適した震源のモデル化手法, 港湾空港技術研究所報告, Vol.50, No.4, pp.133-195, 2011.
- 18) Nishimae, Y.: Observation of seismic intensity and strong ground motion by Japan Meteorological Agency and local governments in Japan, *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, Vol.4, No.3, pp.75-78, 2004.
- 19) Aoi, S., Kunugi, T. and Fujiwara, H.: Strong-motion seismograph network operated by NIED: K-NET and KiK-net, *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, Vol.4, No.3, pp.65-74, 2004.
- 20) 先名重樹, 安達繁樹, 安藤浩, 荒木恒彦, 飯澤清典, 藤原広行: 微動探査観測システムの開発, 第 115 回物理探査学会学術講演会講演論文集, pp.227-229, 2006.
- 21) (国研)産業技術総合研究所: 地質図表示システム(地質図 Navi), 地質調査総合センターホームページ, 2013. (2017年 8 月 29 日閲覧)
- 22) 秦吉弥, 山内政輝, 湊文博, 大川雄太郎: 日本海の有人離島におけるサイト増幅特性の評価—新潟県粟島および山口県見島を例として—, 平成 29 年度土木学会関西支部年次学術講演会, Paper No.0327, 2017.
- 23) 野津厚, 長尾毅, 山田雅行: 経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法の改良—因果性を満足する地震波の生成—, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.3, pp.808-813, 2009.
- 24) Boore, D. M.: Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.73, No.6A, pp.1865-1894, 1983.
- 25) 若井淳, 野津厚: 2011 年東北地方太平洋沖地震の際に見られた表層地盤の非線形挙動の概略的傾向, 港湾空港技術研究所資料, No.1272, 2013.
- 26) 野津厚, 長尾毅, 山田雅行: スペクトルインバージョンに基づく全国の強震観測地点におけるサイト増幅特性とこれを利用した強震動評価事例, 日本地震工学会論文集, Vol.7, No.2, pp.215-234, 2007.
- 27) Kuwata, Y. and Takada, S.: Instantaneous instrumental seismic intensity and evacuation, *Journal of Natural Disaster Science*, Vol.24, No.1, pp.35-42, 2002.
- 28) 鉦田泰子, 齊藤栄: 瞬間計測震度を用いた揺れ最中の避難行動可能時間の定量化, 日本地震工学会論文集, Vol.10, No.5, pp.52-65, 2010.
- 29) 例えば, 湊文博, 秦吉弥, 常田賢一, 鉦田泰子, 山田雅行, 魚谷真基: ウォーキング実験に基づく津波避難困難地域の評価—和歌山県串本町を例として—, 地域安全学会梗概集, No.35, pp17-20, 2014.
- 30) 例えば, 秦吉弥, 湊文博, 小山真紀, 鉦田泰子, 中嶋唯貴, 常田賢一: 南海トラフ巨大地震を対象とした津波避難施設の新設場所の選定に関する試み, 第 6 回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.1-6, 2016.

(2017. 8. 29 受付)

EVALUATION OF DIFFICULT AREA FOR TSUNAMI EVACUATION IN KAMAYA RESIDENTIAL CLUSTER, AWA ISLAND, JAPAN DURING THE NORTHERN NIIGATA PREFECTURE SCENARIO EARTHQUAKE

Masaki YAMAUCHI, Yoshiya HATA, Maki KOYAMA,
Yasuko KUWATA, Tadayoshi NAKASHIMA and Keigo YAMADA

During the northern Niigata prefecture scenario earthquake, tsunami with early travel time is predicted in Kamaya residential cluster Awa Island, Niigata Prefecture, Japan. In this study, first, difficult time for the evacuation in Kamaya residential cluster were estimated based on the asperity models considering ground shaking characteristics. Required time for the evacuation from the sites of interest to original refuge place were then estimated. Using these estimated times, finally, we evaluated the difficult area for tsunami evacuation in Kamaya residential cluster taking into account tsunami attack time.